Termómetro de resistencia.

El termómetro de resistencia (*Resistance Thermal Device* o RTD) es un instrumento que aprovecha una propiedad que tienen los objetos -la resistencia eléctrica-, para medir la temperatura. Este procedimiento se conoce como medida por *termo resistencia*.

La resistencia eléctrica es un parámetro muy adecuado, ya que en muchos casos suele aumentar linealmente con la temperatura. Se dice que una determinada propiedad X es termométrica, o sea que se puede utilizar para medir la temperatura T, cuando la relación entre X y T es lineal: $X = k \cdot \Delta T$

termómetro de resistencia

Donde k es una constante de proporcionalidad a determinar.

Una propiedad termométrica bien conocida es la expansión del mercurio al calentarse, usada en un termómetro clínico. Otros termómetros emplean gas, láminas metálicas que se dilatan con el aumento de la temperatura, resistencia o se sirven del brillo de un filamento, entre otras propiedades.

Es conveniente disponer de este abanico de posibilidades porque la temperatura es una de las magnitudes más características de cualquier sistema, sea biológico o inanimado. Por eso es la magnitud que más se mide en procesos industriales, y para los rangos que se manejan en cada uno de ellos, ciertas propiedades termométricas son preferibles a otras.

Características del termómetro de resistencia

Los termómetros de resistencia tienen las siguientes características:

- Son de funcionamiento muy simple. El elemento sensor consiste en un alambre fabricado de metal, siendo los más empleados el platino, níquel, tungsteno y cobre.
- Ofrecen una lectura rápida.
- Alta precisión.
- Operan en un amplio rango de temperaturas.

Resistividad, resistencia y temperatura

Los materiales usados para fabricar termómetros de resistencia son conductores cuya resistividad casi siempre aumenta con la temperatura. La resistencia y la resistividad no son sinónimos, pero sí están muy relacionadas.

La resistividad es la relación existente entre el campo eléctrico creado en el interior del material cuando circula la corriente y la densidad de dicha corriente. Es, por lo tanto, una propiedad del material. Para ciertos materiales, llamados óhmicos, la relación entre campo eléctrico y densidad de corriente es lineal. A medida que la temperatura sube, los iones del conductor aumentan sus vibraciones y con ello la oposición al paso de la corriente. En cambio, la resistencia es una propiedad del conductor, determinada no solamente por la resistividad del material, sino por la geometría: longitud y área de la sección transversal.

Si la sección transversal se mantiene constante, la relación entre estas magnitudes es:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Donde R es la resistencia del alambre, ρ la resistividad del material, L la longitud y A su área de sección transversal. La unidad para la resistencia eléctrica en el Sistema Internacional es el ohmio (Ω), mientras que la resistividad viene en Ω·m, aunque es habitual encontrar Ω·mm. En los metales, la resistividad aumenta con la temperatura de manera lineal:

$$\rho\ (T) = \rho_o\ (1+\alpha \cdot \Delta T)$$

Donde ρ es la resistividad del material a determinada temperatura, ρ_o es la resistividad a la temperatura de referencia, generalmente 0ºC o 20 ºC, α es el coeficiente térmico del material y ΔT es la variación de temperatura. Como la resistencia depende de la resistividad del material, si la diferencia de temperaturas no es muy grande, se cumple que:

$$R\ (T) = R_o\ (1+ \alpha \cdot \Delta T)$$

La resistencia es fácil de medir, y puesto que la relación con la temperatura es lineal, resulta una buena propiedad termométrica.

Funcionamiento

El núcleo del termómetro de resistencia es un alambre metálico que se enrolla en un soporte aislante, que suele estar fabricado de mica, cerámica o vidrio. Este alambre se coloca dentro de un tubo lleno de polvo aislante y rodeado por varias capas también aislantes, sellado herméticamente para evitar la entrada de humedad. La presión en el interior del tubo se mantiene baja para prevenir la formación de óxidos que podrían causar errores en las lecturas.

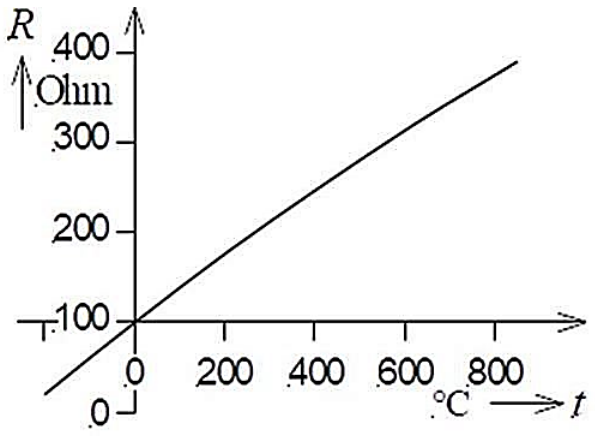
El dispositivo es compacto, con dimensiones que varían entre 1 y 5 mm de diámetro, y entre 10 y 50 mm de largo. Este conjunto está recubierto por una carcasa externa que lo protege, dado que es delicado y requiere un manejo cuidadoso. El platino, un metal precioso, es el material más comúnmente utilizado para la fabricación de la resistencia debido a su estabilidad en un amplio rango de temperaturas y su capacidad para proporcionar mediciones extremadamente precisas. De hecho, el platino es el estándar internacional para medir temperaturas en el rango de -260 ºC a 630 ºC, aunque también es posible fabricar termómetros de resistencia de platino que operen en un rango mayor.

Para medir los cambios en la resistencia del alambre, este se incorpora en un circuito especial llamado puente de Wheatstone, el cual se utiliza para medir resistencias o impedancias desconocidas. Esta conexión se realiza mediante delgados alambres de cobre, generalmente en configuraciones de dos, tres o cuatro hilos, siendo los de tres hilos los más comunes, ya que proporcionan un equilibrio entre precisión y simplicidad.

Para que el dispositivo funcione correctamente, se le debe suministrar una pequeña corriente de medición, generalmente cercana a 1 mA (mientras más baja, mejor, para evitar el calentamiento excesivo). Se mide la caída de tensión resultante y, conociendo la corriente y el voltaje, se determina la resistencia del sensor usando la ley de Ohm. A partir de esta resistencia, se puede calcular la temperatura correspondiente.

Curva característica del termómetro de platino

La relación entre resistencia y temperatura en un termómetro de resistencia no siempre es perfectamente lineal en todos los rangos de temperatura, y esta variación depende en gran medida del material del alambre. Cuando se presenta el problema de la no linealidad, se puede corregir utilizando un circuito adicional que compense estas desviaciones o, alternativamente, haciendo uso de la gráfica que relaciona la resistencia con la temperatura, conocida como la curva característica. Esta curva proporciona una representación visual que permite ajustar las lecturas según sea necesario para obtener mediciones precisas, como se muestra en la gráfica adjunta.



Curva característica del Pt-100 o termómetro de resistencia de platino de 100 Ω.

Variantes

Los termómetros de resistencia de platino se fabrican según la resistencia de la bobina, siendo los más comunes los modelos Pt-25, Pt-100 y Pt-1000. Las letras "Pt" hacen referencia al símbolo químico del platino, mientras que el número indica la resistencia del alambre a la temperatura de referencia de 0ºC. Cuanto mayor es la resistencia, mayor es la sensibilidad del termómetro, ya que la variación de resistencia es más significativa con el mismo cambio de temperatura. No obstante, el modelo Pt-100 es el más utilizado en la industria, proporcionando una resolución de una décima de grado.

En lugar de utilizar bobinas o enrollados de alambre, algunos fabricantes optan por depositar una delgada capa de platino sobre un sustrato aislante de cerámica. Este enfoque reduce el tamaño del dispositivo y lo hace aún más preciso y rápido en su respuesta.

Usos/aplicaciones del termómetro de resistencia

El termómetro de resistencia se utiliza principalmente en la industria química, farmacéutica y de alimentos, así como en otros campos donde es crucial obtener mediciones de temperatura precisas para asegurar la calidad de los productos. Cada fabricante especifica el rango de temperaturas que el termómetro puede medir con precisión. Fuera de este rango, las mediciones pueden ser inexactas y, en el peor de los casos, el elemento sensor podría dañarse, comprometiendo la funcionalidad del dispositivo.

Medición de la temperatura ambiente

Medir la temperatura ambiente con precisión es fundamental en la industria automotriz, donde los procesos de ensamblaje, soldadura y pruebas de motor generan una gran cantidad de calor. En estos escenarios, se suele preferir el uso de termómetros de resistencia de cobre, ya que este material ofrece una excelente sensibilidad y estabilidad para medir temperaturas en entornos con altas variaciones térmicas, asegurando la precisión necesaria para mantener la calidad en la producción automotriz.

Sensor de temperatura para automóvil

Para medir la temperatura del motor de un automóvil se emplea una resistencia eléctrica como elemento termométrico.

Usos industriales

El control preciso de la temperatura es esencial en diversas aplicaciones industriales, como la determinación de la temperatura en hornos de fundición, calderas, refrigeradores y reactores nucleares. En la industria alimentaria, este control es particularmente crucial, ya que permite mantener los alimentos frescos y libres de gérmenes durante más tiempo, garantizando la seguridad y calidad del producto final.

Astronomía

Los termómetros de resistencia de platino también se utilizan en la detección de ondas gravitacionales. El dispositivo diseñado para este propósito incluye dos interferómetros, que son instrumentos ópticos especializados en medir la interferencia de la luz. Estos interferómetros utilizan espejos para dirigir con precisión los rayos láser, y la temperatura de estos espejos se monitorea constantemente. Este control térmico es esencial para garantizar que los espejos mantengan la curvatura adecuada, lo que a su vez asegura la precisión de las mediciones en la detección de las ondas gravitacionales.

Ventajas y desventajas

Entre las ventajas cabe mencionar:

- Alta precisión.
- Variedad de usos.
- Amplio rango de medición que les permite ser utilizados en diversas industrias.
- Se mantienen estables por mucho tiempo.
- Son lineales o muy cercanos a la linealidad en un gran rango de temperaturas.

Mientras que entre las limitaciones se pueden citar:

- No se emplean para temperaturas mayores a 660ºC.
- Tampoco por debajo de -270 ºC.
- Deben manipularse con cuidado.
- Son menos sensibles que otros dispositivos más económicos como los termistores, y en algunas aplicaciones, su tiempo de respuesta es mayor que estos.
- Los termómetros fabricados con platino son costosos.

Xavier Pardell